

УДК 622.243.272

НОВИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

А. Р. Юрич

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002,
e-mail: jurich05@rambler.ru

Описан подход к расчету и моделированию положения неориентированных КНБК в наклонно-направленном стволе скважины для обеспечения ее проектного профиля. Подход реализуется на ЭВМ и обеспечивает высокую точность результатов.

The approach to calculation and simulation of undirected bottom drill columns in directional well to providing its designed profile is described. The approach is realised on PC and provides high accuracy of results

На даний час більшість родовищ України перебувають в довготривалій експлуатації і знаходяться на завершальній стадії розробки, яка характеризується високим ступенем обводненості та виробленням запасів. Реалізація, в першу чергу активних запасів, призвела до збільшення частки важковидобувних покладів і ця тенденція зростає. Згідно з технологічною документацією на розробку родовищ України коефіцієнт флюїдовилучення становить 0.35. Одним із шляхів його підвищення є спорудження похило-скерованих (ПСС) і горизонтальних свердловин (ГС), а також зарізка бокових стволів в законсервованих та малодобітних свердловинах [1, 2].

Як відомо, метою проведення таких робіт є дотримання параметрів проектного профілю. Як наслідок, постає проблема розроблення науково-обґрунтованих технологічних рекомендацій, які б дали змогу проводити оптимальне керування рухом системи „долото-компоновка низу бурильної колони (КНБК)-бурильні труби”.

Актуальність проблеми керування в процесі поглиблення свердловини поступальним рухом долота і КНБК зумовлено тим, що у разі відхилення профілю свердловини від проектного виникають ускладнення і аварії, ліквідація яких потребує значних затрат часу та додаткових коштів. Вирішення цієї проблеми потребує проведення комплексних досліджень різних технологічних чинників, одним з яких є дослідження напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колони з урахуванням умов їх роботи.

Існуючі методи дослідження напружено-деформованого стану (НДС) [3, 4] опираються на аналітичні спрощення та припущення, пов'язані зі складністю отримання розв'язку диференціальних рівнянь. На даний час наявність комп'ютерного забезпечення уможливило розв'язання таких задач з високою точністю. У поєднанні з відомостями про умови роботи КНБК це дасть змогу ефективніше оцінити їх НДС і забезпечити провідку свердловини згідно проектного профілю. Тому розроблена математична модель для розрахунку неорієнтованих КНБК в похило-скерованій свердловині [5, 6].

Розроблена методика дає змогу змодельовати НДС КНБК в прямолінійному похило-скерованому стовбурі свердловини з урахуванням умов її роботи. Як базову залежність вибрано диференціальне рівняння IV порядку, отримане в результаті подвійного диференціювання рівняння пружної осі КНБК [4], і описує НДС ділянки КНБК, з однаковими жорсткісними, ваговими і геометричними характеристиками, у свердловині (рис. 1).

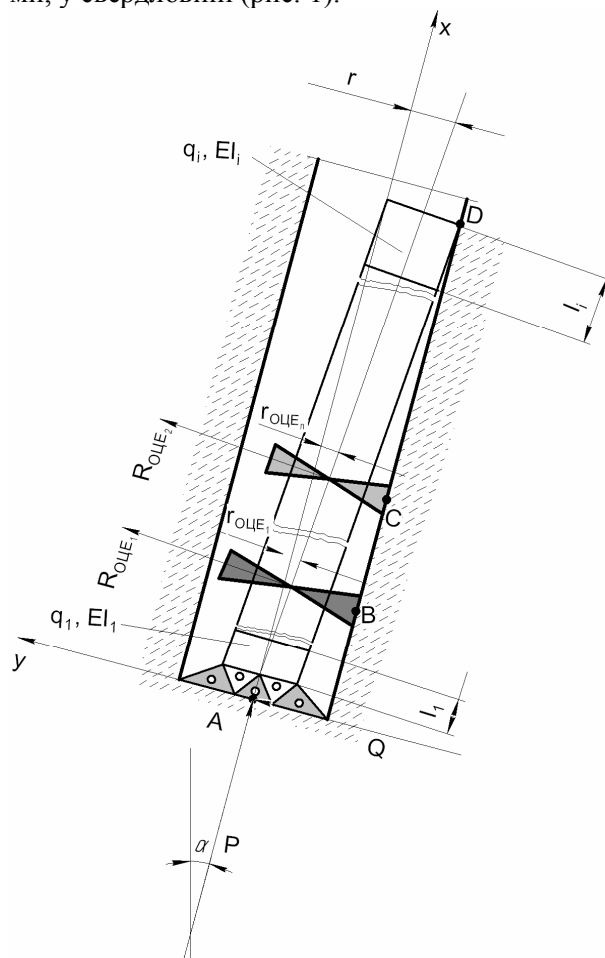


Рисунок 1 – Розрахункова схема взаємодії КНБК зі стенками свердловини

$$EI_i \cdot \frac{d^4 y_i}{dx^4} + P_i \cdot \frac{d^2 y_i}{dx^2} = -q_i \cdot \sin(\alpha), \quad (1)$$

де: q_i – вага погонного метра елемента КНБК в буровому розчині;

EI_i – жорсткість елемента КНБК на згин;

P_i – осьове стискаюча сила на ділянці КНБК (для першої ділянки рівна навантаженню на долото);

α – зенітний кут нахилу осі свердловини;

$y_i(x)$ – функції прогинів пружної осі ділянок КНБК.

Розв'язки рівняння (1) повинні задовольняти такі граничні умови:

на долоті

$$y_1(0) = 0; \quad (2)$$

$$y_1^{II}(0) = 0;$$

на границі двох ділянок

$$y_{i-1}(l_{i-1}) = y_i(0);$$

$$y_{i-1}^I(l_{i-1}) = y_i^I(0);$$

$$y_{i-1}^{II}(l_{i-1}) \cdot EI_{i-1} = y_i^{II}(0) \cdot EI_i; \quad (3)$$

$$y_{i-1}^{III}(l_{i-1}) \cdot EI_{i-1} = y_i^{III}(0) \cdot EI_i;$$

на опорно-центруючому елементі (ОЦЕ)

$$y_{i-1}(l_{i-1}) = r_{ОЦЕ};$$

$$y_i(0) = r_{ОЦЕ};$$

$$y_{i-1}^I(l_{i-1}) = y_i^I(0); \quad (4)$$

$$y_{i-1}^{II}(l_{i-1}) \cdot EI_{i-1} = y_i^{II}(0) \cdot EI_i;$$

$$y_i^{III}(0) \cdot EI_i + y_{i-1}^{III}(l_{i-1}) \cdot EI_{i-1} = R_{ОЦЕ};$$

в точці контакту КНБК зі стінкою свердловини

$$y_i(l_i) = r;$$

$$y_i^I(l_i) = 0; \quad (5)$$

$$y_i^{II}(l_i) = 0;$$

для визначення відхиляючої сили на долоті використовуємо рівняння статики

$$\sum M_D = 0, \quad (6)$$

де: r_δ , $r_{ОЦЕ}$, r – радіальний проміжок між долотом, ОЦЕ і стінкою свердловини та у верхній точці контакту КНБК з стінкою свердловини.

$R_{ОЦЕ}$ – реакція на опорно-центруючому елементі.

Ці коефіцієнти визначаються за формулами:

$$r_{ОЦЕ} = \frac{D_\delta \cdot k - D_{ОЦЕ}}{2}; \quad (7)$$

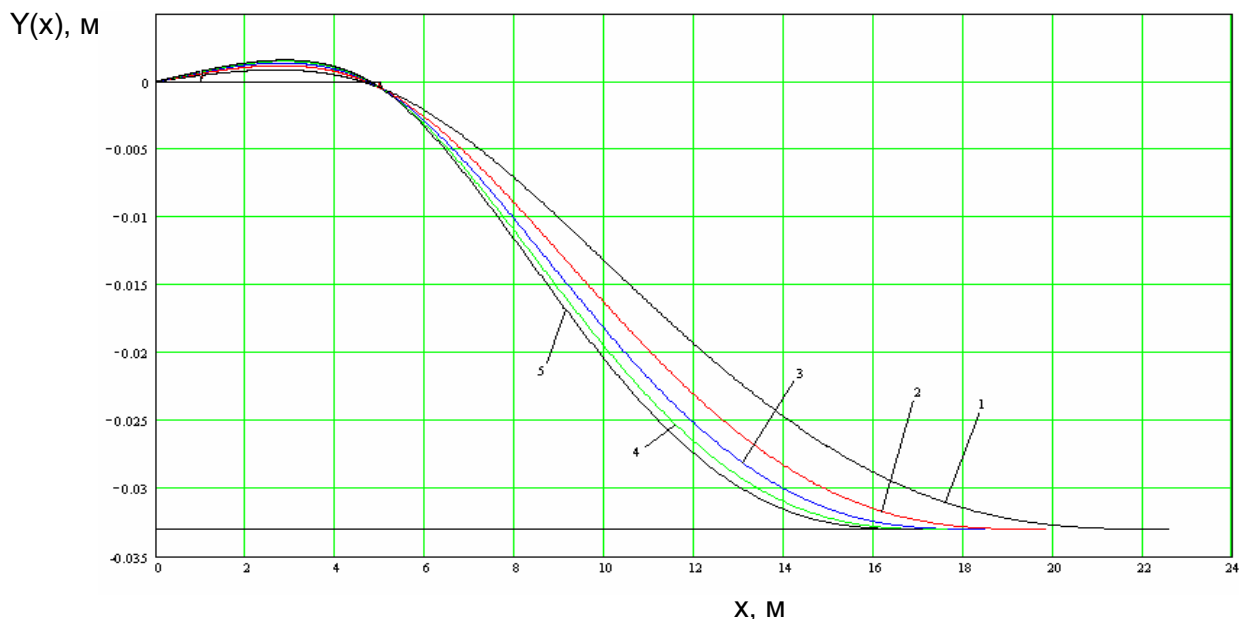
$$r = \frac{D_\delta \cdot k - D_{КНБК}}{2},$$

де: D_δ , $D_{ОЦЕ}$, $D_{КНБК}$ – діаметри долота, ОЦЕ і елемента КНБК у верхній точці контакту відповідно;

k_k – коефіцієнт кавернозності стовбура свердловини.

В процесі розв'язування (1) з урахуванням (2-6) складемо систему рівнянь, розв'язавши яку отримуємо функції прогину осі ділянок КНБК (8), відстань до точки контакту КНБК зі стінкою свердловини, реакцію на центраторах та відхиляюче зусилля на долоті.

$$y_i(x_i) = -\frac{C_{2i} \cdot \sin(k_i \cdot x_i)}{k_i^2} - \frac{C_{1i} \cdot \cos(k_i \cdot x_i)}{k_i^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{q_i \cdot \sin(\alpha) \cdot x_i^2}{P_i} + C_{3i} \cdot x_1 + C_{4i}, (l_{i-1} \leq x_i \leq l_i)$$



1 – $\alpha 10^\circ$, 2 – $\alpha 20^\circ$, 3 – $\alpha 30^\circ$, 4 – $\alpha 40^\circ$, 5 – $\alpha 50^\circ$,

Рисунок 2 – Пружна вісь КНБК за різних зенітних кутів осі свердловини

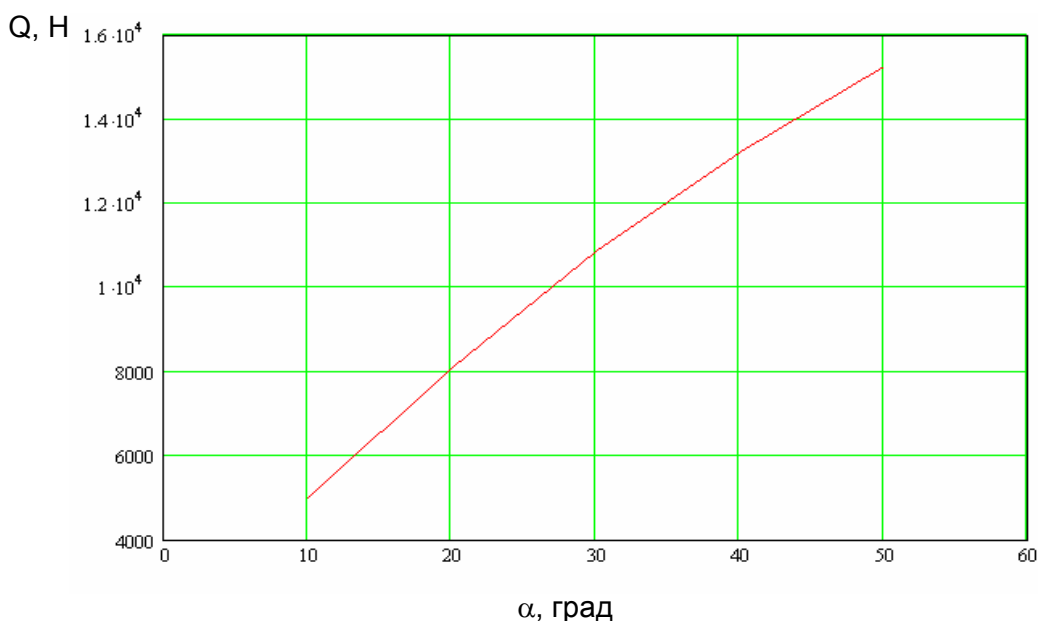


Рисунок 3 – Зміна відхиляючого зусилля на долоті залежно від zenітного кута свердловини

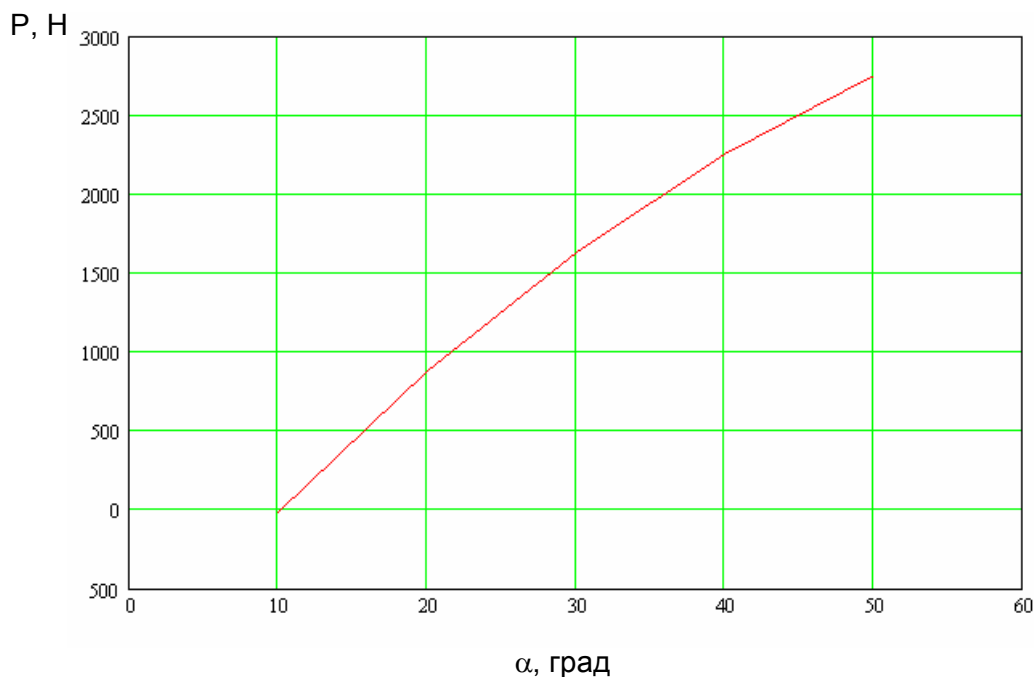


Рисунок 4 – Зміна реакції на центраторі залежно від zenітного кута свердловини

де: $k_i = \sqrt{\frac{P_i}{EI_i}}$ – коефіцієнти, які залежать від осьової сили на долоті та жорсткості на згин елементів КНБК;

Cn_i – сталі інтегрування;

l_i – довжина відповідної ділянки КНБК.

На рисунках 2-4 зображено результати розрахунку одоопорної КНБК що складається з ОБТ-229 вагою погонного метра $q_1=2,682$ кН і жорсткістю на згин $EI_1=27,658$ МНм², радіальним проміжком у верхній точці її дотику із стовбуром свердловини $r=0,033$ м, а на центраторі

з проміжком $r_u=5 \cdot 10^{-4}$ м. Осьове навантаження на долото становить $P=100$ кН при куті нахилу осі свердловини $10-50^\circ$.

Як видно з графічних залежностей, зі зростанням zenітного кута відстань від долота до точки контакту КНБК зі стінкою свердловини зменшується, а відхиляюча сила на долоті і реакція на центраторі зростають. Отримані результати не суперечать результатам що отримані за іншими методиками і свідчать про правильність розробленого підходу. В подальшому планується промислове впровадження підходу з метою його удосконалення.

Література

- 1 Довжок Е.М., Рубаха М.Г., Музичко І.І., Вітрик В.Г. Використання горизонтальних свердловин для розробки родовищ з важковидобувними запасами вуглеводнів // Зб. наукових праць науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України – 2003» (18-21 листопада). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – с. 51-54.
- 2 Яворський М.М., Бойко П.Я. Збільшення обсягів похило-спрямованого та горизонтального буріння – значний резерв підвищення ефективності видобування вуглеводнів та ступеня їх вилучення // Зб. наукових праць науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки родовищ нафти і газу України – 2003» (18-21 листопада). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – С.258-263.
- 3 Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении / Пер. с англ. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 161 с.
- 4 Работа бурильной колонны в скважине / Султанов Б.З., Ишемгузин Е.И., Шаммасов М.Х., Сорокин В.Н. – М.: Недра, 1973. – 217 с.
- 5 Юрич А.Р. Математичне моделювання положення безопорних компоновок низу бурильної колони (КНБК) в похило-скерованому стовбурі свердловини // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – №1(26). – С. 40-43.
- 6 Юрич А.Р., Чудик І.І., Гриців В.В., Рачкевич Р.В., Козлов А.А. Моделювання компоновок низу бурильної колони з опорно-центруючими елементами (ОЦЕ) в похило-скерованому стовбурі свердловини // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – № 2(27). – С. 51-55.

Міжнародна науково-технічна конференція

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗО- ПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

м. Харків
(19–21 листопада 2008 р.)

Оргкомітет конференції

Харківська національна академія
міського господарства,
61002, м. Харків, вул. Революції, 12

zolotov@ksame.kharkov.ua
тел. (057) 707 32 65
факс (057) 706 15 54

Тематика конференції:

- ☑ Технології, матеріали, обладнання для зварювання, пайки, наплавлення й різання
- ☑ Міцність зварних з'єднань і конструкцій, теоретичні й експериментальні дослідження напружено-деформованих станів, способи регулювання зварювальних напруг і деформацій
- ☑ Математичні методи моделювання зварювальних процесів
- ☑ Неруйнівний контроль і технічна діагностика, оцінка й подовження ресурсу безпечної експлуатації зварних конструкцій
- ☑ Сучасні технології, матеріали й обладнання для нанесення покриттів
- ☑ Перспективні напрямки спеціальної електрометалургії
- ☑ Екологічні проблеми в галузі зварювання й споріднених технологій
- ☑ Підготовка й атестація фахівців, стандартизація та сертифікація зварювального виробництва